

## INTERVENCIÓN EN LOS PINÁCULOS DE LA CATEDRAL DE JAÉN

## INTERVENCIÓN EN LOS PINÁCULOS DE LA CATEDRAL DE JAÉN

Pedro Salmerón Escobar

**RESUMEN**

Los pináculos tienen deterioros importantes debido a los agentes ambientales, a los movimientos sísmicos, y a la acción del viento. Han sufrido a lo largo del tiempo trabajos de consolidación mediante fijaciones a base de anclajes metálicos externos que han provocado nuevos problemas. Las tareas de conservación que se han llevado a cabo permiten más libertad de movimientos a la parte más esbelta del pináculo evitando uniones excesivamente rígidas.

**SUMMARY**

These pinnacles have been suffered extensive environmental damage, and that due to seismic movements and wind. Over the years repair work has been carried out to consolidate them, and external metal brackets have been fitted, but these supports have in turn created new difficulties. The conservation work which has carried more recently will allow more freedom of movement at the slender tip of the pinnacle, by avoiding joints which are too rigid.

*1.— Introducción.*

Los trabajos de restauración a que hace referencia este artículo están comprendidos en la primera restauración sistemática de la Catedral de Jaén, promovida por la Consejería de Cultura y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía dentro de las actuaciones previstas por el Plan de Catedrales de Andalucía. Esta intervención comprende la restauración de buena parte de los pináculos de fachadas y torres, y en menor medida de otros elementos ornamentales o constructivos como balaustradas y cornisas. En nuestro artículo vamos a tratar de la problemática específica de los pináculos por la singularidad de los daños que han experimentado.

*2.— Datos generales de la intervención.*

- Título: 1ª Intervención Ordinaria en la Catedral de Jaén.
- Adscripción: Plan de Catedrales de Andalucía.
- Año del Proyecto: 1990.

- Período de intervención: enero de 1991 a marzo de 1992.
- Tipo de contratación: Obra de emergencia con adjudicación directa.
- Elementos sometidos a conservación: 99 pináculos y 280 m. lineales de cornisas.
- Presupuesto de ejecución material: 51.672.304 Pts.
- Contratista: Conservación del Patrimonio Artístico S.L.
- Personal adscrito por la empresa a este trabajo: 9 especialistas<sup>1</sup> y 3 peones.
- Equipo redactor del proyecto y dirección de obra: Ver apéndice final.

De acuerdo con los criterios de la Dirección General de Bienes Culturales de la Consejería de Cultura y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía se redactó, en abril de 1990, la *ficha-diagnóstico* del monumento, que tenía por objeto detectar los problemas más importantes de la Catedral de Jaén, establecer prioridades de intervención y determinar un presupuesto y calendario aproximado de los trabajos a emprender. En este documento de análisis previo, establecimos como actuaciones urgentes, las relativas a los elementos ornamentales de la Catedral por su mal estado, por su repercusión en la visualización y comprensión del edificio y por el peligro que ofrecían para las personas que transitan por las inmediaciones de la Catedral. Como intervención más importante desde el punto de vista espacial propusimos la recuperación de los espacios abovedados bajo el pavimento de la Lonja<sup>2</sup>, que constituyen a nivel estructural una espléndida plataforma que vincula la enorme mole catedralicia con un espacio urbano muy animado y de topografía cambiante y compleja.

Aunque las intervenciones se justificaban por la vía de emergencia<sup>3</sup>, el proyecto debía tener las garantías de un proyecto ordinario, propio de una intervención sistemática, ya que el problema estaba generalizado a todo el Conjunto Monumental y se extendía a un número considerable de elementos. El plazo debía ser necesariamente dilatado, más de un año, cuando la reserva habitual de tiempo de una emergencia es de 3 meses, y su presupuesto excedía en importe a las emergencias usuales mucho más limitadas en sus objetivos. Esta unión de proyecto ordinario y contratación como emergencia ha reunido en nuestra opinión tres ventajas significativas: disponer de un proyecto detallado, muy útil como instrumento de trabajo, actuar con rapidez por el peligro que ofrecía la Catedral y seleccionar la empresa por lo específico del problema de conservación que se planteaba<sup>4</sup>.

Nuestra experiencia en la Catedral de Granada desde 1985 nos había permitido evaluar la relación que existe entre una obra de restauración de este tipo y el papel de los agentes que intervienen, especialmente la empresa constructora con la que debe establecerse una colaboración estrecha y en cuya selección tiene mucho que decir, no sólo la administración encargante, sino también la Dirección Facultativa que se responsabiliza de la obra. En los casos de las Catedrales de Jaén y Granada ha resultado muy positivo este ensayo, gracias a que la Consejería de Cultura y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía ha permitido esa participación.

### 3.— *Estructura de la toma de datos del proyecto*

Para la redacción del proyecto de restauración se procedió a un registro sistemático y completo de los elementos a restaurar a partir de las condiciones de accesibilidad. La ventaja de los grandes organismos

arquitectónicos consiste en la disponibilidad del plano de cubierta para hacer recorridos completos de la planta, justo en el lugar donde se concentra la mayor parte de los elementos ornamentales esbeltos (pináculos y cresterías), y los que sufren el ataque directo del agua como los planos de cornisas. De esta forma la aproximación a las piezas fue la suficiente como para establecer el primer diagnóstico, excepto en la coronación de la torre izquierda y especialmente en buena parte de la torre derecha que carece de acceso interior. Aún así hemos tenido sorpresas inesperadas al acercarnos con el andamio e iniciar los primeros desmontajes, descubriendo nuevos problemas que nos han obligado a rectificar o enriquecer nuestros primeros diagnósticos.

Acompañamos a continuación el tipo de ficha técnica elaborada para el proyecto<sup>5</sup>. Nuestros registros sistemáticos están divididos en varias secciones complementarias:

### *Registros gráficos*

Están apoyados en dos instrumentos básicos: el dibujo y la fotografía. Concedemos una importancia mucho mayor al primero ya que nos permite hacer una disección del problema. Un código sencillo basado en tramas y líneas complementadas con una nomenclatura muy breve establece visualmente los daños de cada pieza. El pináculo se esquematiza formalmente en función de los tipos básicos existentes que suelen ser pocos: cuatro en el caso de la catedral de Jaén. El dibujo base se repite en cada ficha que estará dedicada a un *solo* elemento con la descripción de las patologías presentes en el mismo<sup>6</sup>. Como se puede observar, el elemento se sitúa en planta de cubiertas y en un alzado esquemático en la propia ficha, para que durante los trabajos de conservación exista una guía detallada y de fácil consulta que permita programar y ejecutar las diversas tareas; al mismo tiempo es un instrumento enormemente válido para la confección del presupuesto del proyecto. La intervención en cada pináculo queda contrastada en la realidad de la obra, afirmando o rectificando las hipótesis planteadas y reflejando las intervenciones (ver ilustración con ficha de registro de la restauración). De esta forma, cualquier restaurador que trabaje en el futuro, podrá corregir o evaluar con mayor precisión las medidas adoptadas y los efectos producidos sobre cada pieza a lo largo del tiempo.

La fotografía en sus modalidades de película en negativo y diapositiva nos permite reflejar de una manera fidedigna cada problema y nos resulta de gran utilidad durante la redacción del proyecto y para una comparación con la pieza una vez restaurada.

### *Registros escritos*

Generalmente la descripción de deterioros se agrupa en la memoria del proyecto independientemente de las piezas afectadas. Es decir, se establecen grupos de problemas y se detallan. Estos grupos se relacionan con la nomenclatura utilizada en las fichas y es fácil por tanto aplicarla después a cada caso concreto.

### *Análisis físico químico*

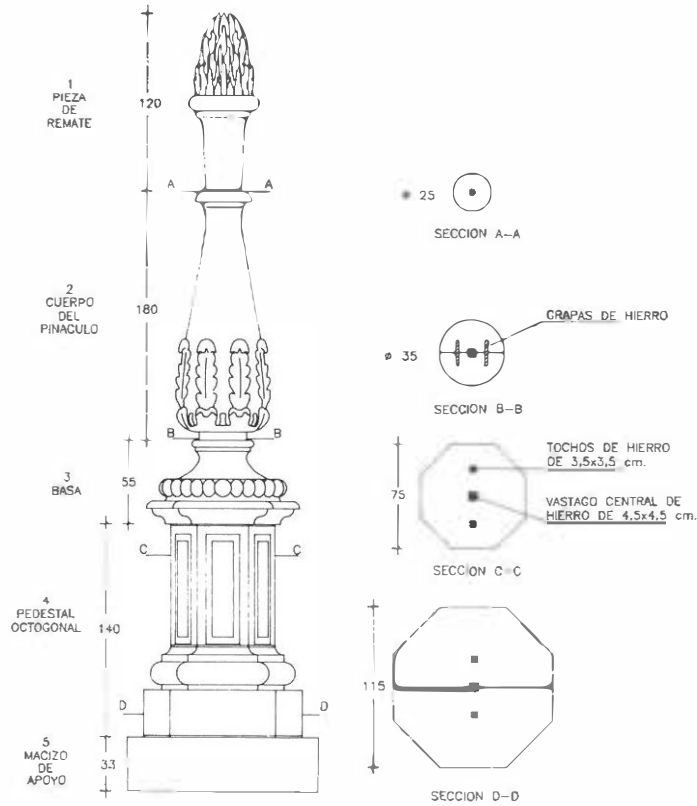
Dentro de las posibilidades que nos da el proyecto y la obra obtenemos muestras de la piedra alterada, de los morteros y en menor medida de las piezas de anclaje y de los embebidos de las mismas. El muestreo lo dirige un equipo del Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada que determina posteriormente las pautas de análisis y nos informa de los resultados con propuesta de medidas correctoras<sup>7</sup>. Gracias a esta colaboración se ha determinado con bastante precisión la composición de los materiales pétreos de la Catedral de Jaén, las canteras históricas de donde proceden, las acciones del agua sobre los mismos y el papel degradante de la contaminación sobre el monumento.

### *Análisis historiográfico*

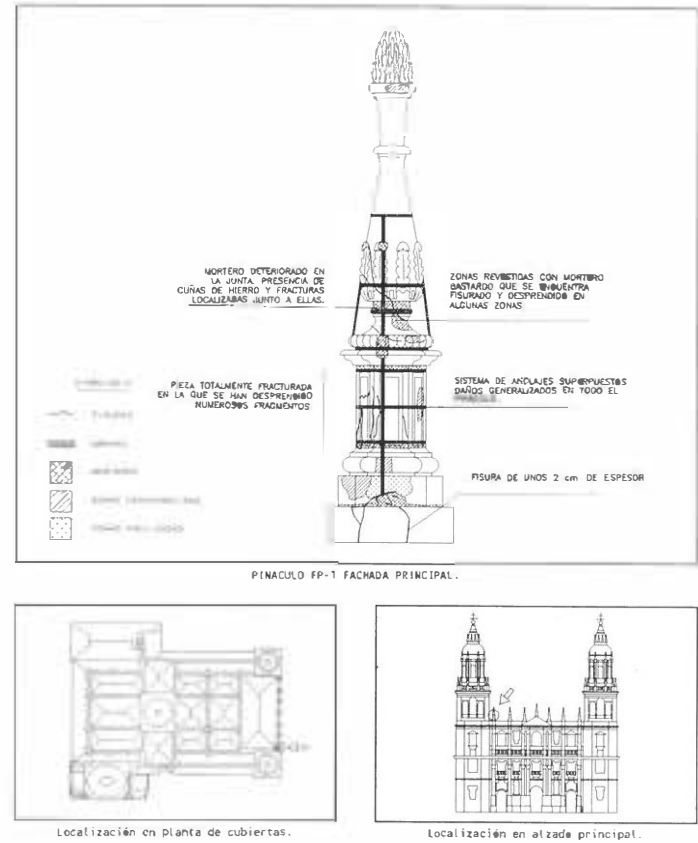
Es uno de los aspectos más interesantes a cubrir en cada proyecto. Un buen estudio de este tipo sirve para entender con mayor profundidad el edificio sobre el que se va a intervenir y suele ser un apartado, que al contrario de lo que se piensa, interesa bastante a los diversos agentes implicados en el proceso restaurador. En este terreno, cada vez resulta más importante para la restauración, dirigir este esfuerzo de interpretación histórica hacia un documento que analice las condiciones de uso, las restauraciones efectuadas a lo largo del tiempo, las relaciones de dependencia del entorno urbano, las cualidades del enclave urbanístico y la situación del inmueble respecto a la protección en catálogos municipales, planes especiales etc. Para este apartado del proyecto los recursos son aún pequeños y en el caso de la Catedral de Jaén no hemos podido documentar con detalle las intervenciones anteriores<sup>8</sup>.

### *4.— Descripción de los deterioros en los pináculos*

Según el informe redactado para este proyecto<sup>9</sup>, los materiales pétreos de la catedral de Jaén, todos ellos formados por carbonatos, se pueden agrupar desde el punto de vista petrográfico en biomicritas, calizas micríticas y dolomías, con un buen comportamiento mecánico y una resistencia aceptable a la degradación por efecto del agua, excepto en las piezas procedentes de formaciones dolomíticas que se encuentran en un grado de descomposición avanzado<sup>10</sup>. La piedra tiene una porosidad efectiva del 18,4% con poros de radio de acceso menor de 0,8  $\mu\text{m.}$ , esta microporosidad la hace especialmente sensible a las reacciones químicas. En la Catedral de Jaén, la circulación del agua o el vapor de agua en la piedra y la disolución de los materiales, cementantes de la misma producen cristales de mayor volumen del poro favoreciendo la microfisuración y aumentando la microporosidad de la piedra. Aunque no se conocen con detalle datos de la polución atmosférica en la Catedral existen en las costras de alteración de la piedra cristales de yeso en profusión que están directamente relacionados con la contaminación.



Detalle de pináculo. Secciones, pernos y anclajes.



Ficha de registro del proyecto de restauración.

*Acción del agua*

Los problemas ocasionados son los siguientes:

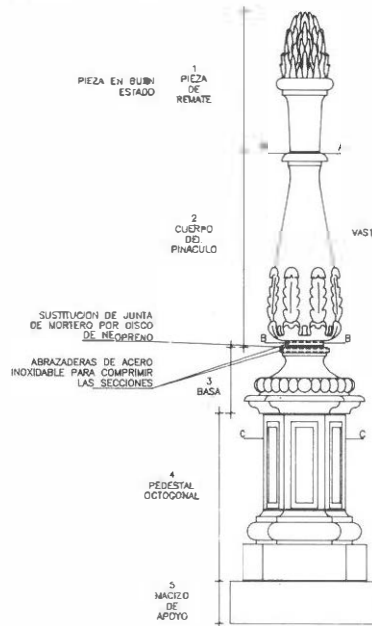
- Fisuraciones generalizadas que se inician por el propio ciclo de hielo-deshielo a través de las discontinuidades estructurales del material. Nos preocupa especialmente en Jaén la rotura de muchos sillares en pequeños planos laminares que indica una descomposición generalizada debida a la constitución de los materiales pétreos y a la acción del agua<sup>11</sup>.
- Fisuraciones locales muy pronunciadas que se apoyan en roturas previas por problemas mecánicos.
- Fisuraciones superficiales y profundas localizadas en torno a anclajes metálicos que se oxidan por efecto del agua<sup>12</sup>. Si la oxidación es superficial, el óxido se hace evidente a la vista, y la rotura tiene una forma parecida a una cárcava con formación y apariencias diferentes, combinando roturas con fragmentos pequeños en la zona inmediata al vástago y mayores y más limpias en sus proximidades. Si la oxidación es profunda el óxido no se hace tan evidente al exterior, y la rotura se produce en forma radioconcéntrica abriéndose la pieza como una granada. En una oxidación profunda, si el vástago tiene gran longitud aparecen roturas lineales en diferentes planos a lo largo de la pieza. En nuestro caso las roturas por oxidación se concentran en buena parte en los anclajes externos que son de tres tipos: grapas, zunchos y combinaciones de ambos, estas fijaciones se colocaron en restauraciones anteriores, las más importantes en 1824 y 1890<sup>13</sup>. Los grapeados entre piezas penetran directamente en la piedra a profundidades escasas y con orificio abierto al aire, por lo que se deterioran fácilmente y arruinan rápidamente el entorno del anclaje, subvirtiéndolo su acción para convertirlo en agente destructor<sup>14</sup>. Los anclajes por zunchado comprimen horizontalmente los pináculos; si el zuncho es totalmente externo, los daños por oxidación son mínimos, pero si además existen clavijas de sujeción que penetran en la piedra el efecto es muy destructivo, porque raras veces la clavija queda inmóvil. Esta última observación resulta evidente cuando el zuncho se combina con un grapeado de anclaje de gran longitud que se encastra en aquél, los empujes y tirones de uno sobre el otro al moverse la pieza acaban por arruinarla.
- El lavado de las juntas en planos horizontales muy castigados por las aguas, como ocurre en las cornisas, abren vías de penetración selectiva a través de las cuales se deterioran los materiales pétreos. Este efecto es menos dañino en el caso de Jaén por las cualidades de la piedra, pero en la Catedral de Granada supone pérdidas de material por arenización, en cantidades tan importantes que la cornisa puede perder ornamentación y volumetría en poco tiempo.

*Acciones mecánicas*

El otro grupo de problemas se debe a las acciones mecánicas a las que hemos hecho ya una breve referencia. No hay agentes degradantes que actúen en solitario y por tanto nuestras observaciones no deben tomarse como excluyentes.

En lo que se refiere a los pináculos podemos avanzar una hipótesis que va más allá de la acción del óxido sobre la piedra y es previo a la propia oxidación. No mucho después de acabada la Catedral tiene lugar el terremoto de Lisboa de 1755. Según datos documentales que deben ser analizados en un futuro inmediato

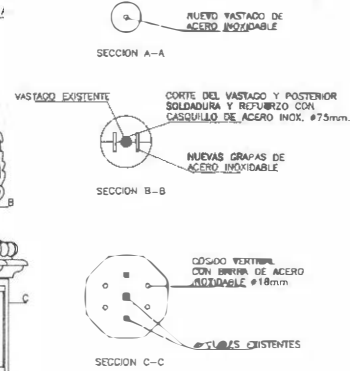
# INTERVENCIÓN GENERAL



## NOTAS —

1. LAS PIEZAS 1, 2 Y 3 SE HAN DESMONTADO TOTALMENTE.
2. ELIMINACIÓN DE ANCLAJES EXTERIORES EN PIEZAS 2, 3 Y 4.
3. COSIDO DE FRACTURAS MÚLTIPLES MEDIANTE ACERO INOXIDABLE EMBEBIDO EN RESINA DE POLIÉSTER EN PIEZAS 2, 3, 4, Y 5.
4. REINTEGRACIÓN DE ZONAS PERDIDAS MEDIANTE MORTEROS DE CAL, CEMENTO BLANCO, SILICE Y TRITURADO DE PIEDRA EN PIEZAS 3 Y 4.
5. CONSOLIDACIÓN DE ZONAS ARENIZADAS MEDIANTE RESINA ACRÍLICA, EN PIEZA 4.

# INTERVENCIÓN SOBRE LOS VASTAGOS DE ARMADO



Oxidación parcial del vástago de un pináculo. Obsérvese que el embebido de plomo no lo cubre totalmente.

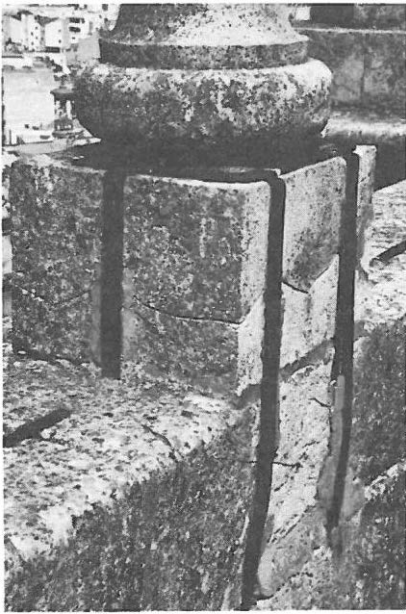
con el mayor detalle posible, este terremoto produce daños significativos a la gran fábrica catedralicia. De hecho, una construcción de este tipo se comporta estáticamente en función de las enormes cargas gravitatorias (fuerzas verticales y horizontales prácticamente constantes) que se convierten en un trabajo a compresión de la piedra, preparada de manera excelente para resistir estos esfuerzos. Las piezas que componen la fábrica se mantienen cohesionadas gracias a estos esfuerzos de compresión pero los movimientos horizontales, variables en intensidad y extendidos a toda la estructura, como los debidos al sismo, introducen factores de riesgo muy alto para la construcción, que puede *abrirse, o desgajarse* por desplazamiento de las masas que la componen<sup>15</sup>. La gran mole se defiende bastante bien ante este impacto por la facilidad de adaptación de las piezas de piedra que la constituyen, pero los puntos de discontinuidad son más sensibles: vacíos interiores con grandes bóvedas, desaparición de las estructuras murales configurando grandes pilares exentos, cambios de volumetría general y sobre todo, masas esbeltas como las torres, y elementos ornamentales de coronación como los pináculos que al estar fijados solamente en la base oscilan como el asta de una bandera<sup>16</sup>.

Uno de los campos más interesantes del Patrimonio Arquitectónico se debe centrar en el futuro, en el estudio de la acción sísmica sobre los Monumentos, debido a las especiales circunstancias de actividad en la Comunidad Andaluza. Nosotros hemos adelantado la posibilidad de que muchas dislocaciones y fisuraciones de elementos esbeltos proceden de esta acción, pero esto es necesario detallarlo con fidelidad a través de estaciones sismográficas<sup>17</sup> situadas en los propios edificios, que permitan discernir sus movimientos a partir de los terremotos que se registran diariamente en centros especializados como el Observatorio de Cartuja<sup>18</sup> en Granada. Esta correspondencia será de gran utilidad para evaluar el futuro de estas grandes fábricas. El terremoto de Lisboa<sup>19</sup> al que hemos hecho referencia anteriormente, tuvo lugar el 1 de noviembre de 1755, su epicentro se sitúa de manera aproximada en el golfo de Cádiz y sus efectos destructivos, asociados también con un tsunami o maremoto, afectaron al sudoeste de Portugal, al sur de España (especialmente al sudoeste) y a la costa occidental de Marruecos, provocando la muerte de unas 70.000 personas. La repercusión de este sismo sobre las grandes moles catedralicias se desconoce a nivel de estudio sistemático pero es más que probable que la Catedral de Jaén no sea el único caso.

La acomodación de las torres a los movimientos ha sido diferente, la torre izquierda (torre del reloj) fue zunchada correctamente después de los primeros daños, disminuyendo los problemas en la cúpula y planos inferiores. No ocurre así en la torre derecha que presenta una fisuración preocupante que se acometerá parcialmente<sup>20</sup> en los próximos meses. El zunchado de la torre izquierda lo realizó el Maestro Hermosilla en 1824 según consta en una inscripción en la propia torre y consiste en un palastro de hierro forjado, empalmado por tochos de hierro y sujeto por abrazaderas a la piedra, de forma que cierra completamente el tambor de la cúpula. Este artificio ha reducido la progresión de las fisuras estructurales que están presentes en la torre derecha<sup>21</sup>.

Jaén está situada en una zona sismológicamente activa<sup>22</sup>, en la que se producen a diario movimientos telúricos de diferente intensidad, en su mayoría imperceptibles para las personas. Los edificios sin embargo acusan estos cambios del equilibrio de fuerzas que intervienen sobre ellos. No es necesario por tanto esperar a que grandes terremotos como el de Lisboa tengan repercusiones sobre la Catedral, ya que movimientos de este tipo, aunque de menor intensidad, ejercidos de forma constante durante períodos de tiempo tan prolongados tienen efectos decisivos sobre las grandes fábricas de piedra. Una hipótesis de trabajo para el futuro consiste en comprobar si la microfisuración de los sillares de la catedral de Jaén está relacionada también con la vibración introducida por el sismo, que encontraría un flanco abierto en una estructura heterogénea como la que se presenta en la piedra de esta Catedral.

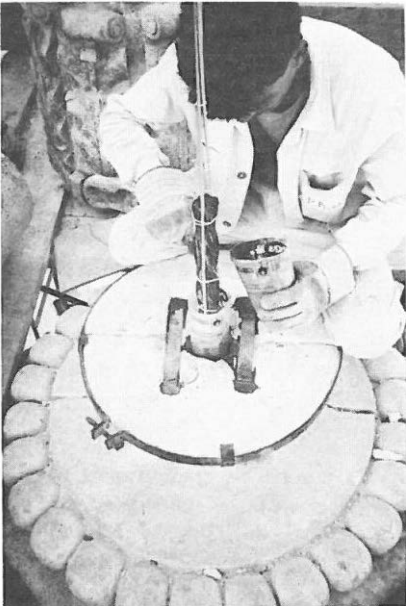




Anclajes en la base de un pináculo mediano y roturas en cascada de los bloques de piedra por efectos combinados de oxidación y acciones mecánicas.



Doble zunchado en la pieza de remate de un pináculo grande y grapas de hierro sujetas por los zunchos.



Reparación de la base de un pináculo. El vástago está sin cortar y en buen estado. Se resina junto con un envarillado que lo prolongará en el cuerpo del pináculo.



Vista de un pináculo restaurado en la fachada lateral izquierda. La corana de la base está zunchada con una pletina de acero inoxidable.

El otro agente desestabilizador para los pináculos de la Catedral de Jaén es el viento. Mientras en el resto de la construcción, el viento no tiene entidad como para afectar a su estabilidad, en el caso de los pináculos es diferente: su gran esbeltez y su apoyo exclusivo en una base pequeña los hace sensibles a un viento que sopla con fuerza<sup>23</sup> por la situación especial de la Catedral, en lo alto de una plataforma y rodeada por edificaciones entre las cuales se encajona aquél.

Ambas acciones han trastocado los pináculos, de forma que aparecen quiebras inusuales. Es un efecto característico ya que no se produce una pérdida de aplomado hacia un mismo plano, sino la formación de una línea quebrada entre las piezas que lo componen con dislocaciones de su envolvente.

Algunas de las fisuraciones longitudinales de los pináculos se diagnosticaron como debidas en parte a la oxidación de los vástagos profundos de hierro forjado que los arman, pero esta hipótesis no ha sido confirmada del todo ya que muchos de los vástagos interiores originales están en buen estado. El pináculo, al moverse constantemente, ha provocado choques entre las masas que lo componen y el vástago interior, cumpliendo con su papel de elemento rigidizador, ha tratado de responder al movimiento hasta que las tensiones del mismo con la piedra lo han convertido en agente destructor.

##### 5.— *Construcción de los pináculos y reparaciones sufridas con anterioridad*

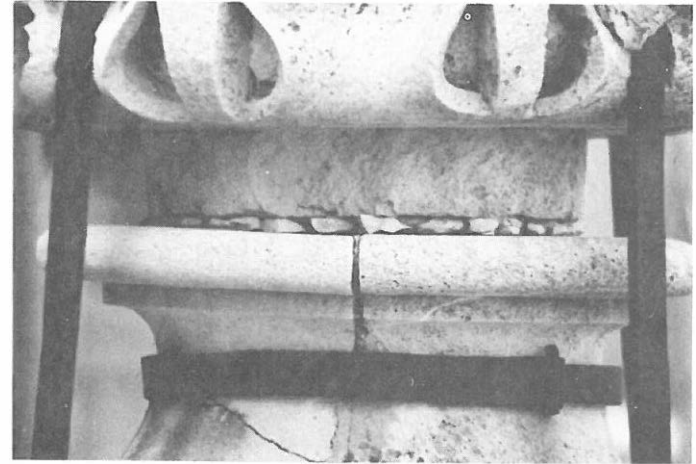
Para entender mejor los movimientos a los que hemos hecho referencia, debemos aclarar que un pináculo grande de esta Catedral tiene un macizo cúbico de apoyo cuyo lado de la base es de 1,15 m. y la altura 0,33 m., un pedestal octogonal de 1,55 m. de altura y un diámetro de la circunferencia circunscrita al octógono de 0,60 m. a 1,20 m. según zonas. Una basa decorada de 0,40 m. de altura y diámetros mayor y menor de 1,05 m. y de 0,35 m. respectivamente, y el cuerpo del pináculo una altura de 1,80 m., con un Ø0,25 m. a Ø0,60 m., rematado por una pieza independiente de 1,20 m. de longitud. La altura total es de 5,28 m. con una masa de 5 toneladas. El cuerpo del pináculo más el remate pesan 1,3 Tn., esta masa es la que oscila claramente sobre el apoyo. El vástago principal que lo arma, arranca del basamento octogonal, atraviesa totalmente la basa decorada y penetra 40 cm. en el pináculo. Suele haber dos vástagos complementarios más cortos colocados en el mismo plano que el principal. El vástago suele estar constituido por un prisma de base cuadrada o rectangular cuyos lados varían entre los 40 mm. y 50 mm., son de una sola pieza lisa o retorcida en espiral que ofrece una superficie más irregular dentro de la caja en la que se insertan<sup>24</sup>; este vástago se emploma mediante bebederos abiertos en la piedra una vez se ha *pinchado* el pináculo. Si eliminamos la capa de mortero que hace de junta entre el pináculo y la base, el pináculo queda erguido sin problemas y se sujeta en el andamio para prevenir cualquier oscilación inesperada. Esta circunstancia nos permite reponer el material de una junta tan importante como ésta.

El aspecto de más interés para la estabilidad del pináculo y la amortiguación de sus oscilaciones lo constituye la composición de la junta entre éste y la base. La junta se ripia con pequeñas y delgadas lajas de piedra y se vierte un mortero de cal en los intersticios, después se hace descansar la masa del pináculo. Esta solución es original<sup>25</sup>, propia del momento de la construcción, siendo en la actualidad infrecuente en la junta base-pináculo y más corriente en la junta del remate final del pináculo, la razón de ello es que la junta principal ha sido sustituida varias veces.

El movimiento constante del pináculo ha triturado y expulsado el mortero de la junta, dejando vacíos que



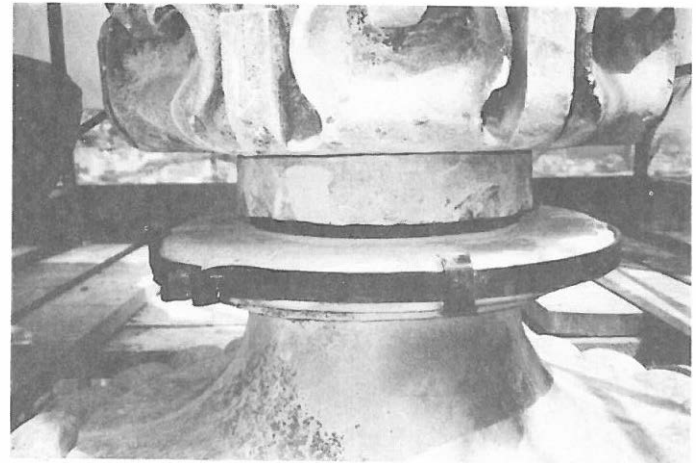
Zunchado del tambor de la cúpula de la torre izquierda mediante un palastro de hierro forjado.



Junta ripiada del remate superior. Se ven también anclajes simultáneos por grapado y zunchado.



Zuncho de hierro con tirantas articuladas y unidas a un zuncho alto. La solución no ha dañado al pináculo y se ha mantenido después de la restauración.



Junta de neopreno del pináculo anterior. Se ha conservado el zuncho de la corona de la basa.

han permitido una oscilación mayor de aquél. Existe una profusión de cuñas metálicas introducidas en la junta, que proceden probablemente del momento en el que se tensaron los pináculos mediante los anclajes o de la propia construcción. Estas cuñas se han convertido en un agente degradante, ya que el pináculo al moverse, ha chocado contra ellas provocando la formación de esquirlas que han saltado de la corona de la base del pináculo. Ha faltado en definitiva un material que haga de colchón entre la base casi inmóvil y el pináculo oscilante, un mortero homogéneo hubiese mejorado las condiciones de apoyo pero el pináculo lo habría despedido con facilidad y así se entendió el problema en las anteriores restauraciones.

### *Reparaciones efectuadas para prevenir el movimiento de los pináculos*

Desde el punto de vista mecánico es de un gran interés conocer la filosofía de los trabajos precedentes, de su observación han surgido nuestras propuestas, que han aprovechado parcialmente la técnica y los materiales utilizados con anterioridad.

Las soluciones que se han dado en las restauraciones anteriores se sirven de la gran densidad estructural del hierro forjado y su excelente comportamiento a las tracciones, utilizándolo casi siempre para inmovilizar el pináculo.

Los tipos de fijaciones utilizadas se especifican a continuación detallando su utilidad e idoneidad:

### *Grapeados*

El grapeado está concebido generalmente como una pieza en U de longitud variable que penetra en la piedra por los lados más cortos. Las piezas donde ataca la grapa quedan unidas de forma bastante eficaz si no existen movimientos continuos de las partes ensambladas y si la oxidación está contenida. Este tipo de fijaciones se ha utilizado con mucha frecuencia, tanto en reparaciones como en la construcción original, para unir volúmenes de piedra y componer piezas mayores.

En la Catedral de Jaén existen grapeados originales en las uniones interiores entre las piezas que componen los basamentos de los pináculos, que se han mostrado bastante eficaces y han estado aislados de la oxidación. Cuando estas grapas han sido descubiertas al desmontar los pináculos se han retirado y sustituido por otras de acero inoxidable, manteniéndose así la idea original pero no el material, para evitar problemas de oxidación en partes imposibles de visualizar desde el exterior.

Las grapas que han causado mayores desperfectos han sido las colocadas en la superficie de las piezas en restauraciones posteriores a la construcción. Al descubrir la oscilación de los pináculos debida a la esbeltez, los problemas de roturas en los planos de las juntas y la formación de fisuras en la piedra, se fijaron con grandes grapas basamento-cuerpo del pináculo para tratar de afianzarlo. Esto supuso la movilización de mayores masas en la sujeción del cuerpo del pináculo hasta dejarlo inmóvil. Si no se conseguía, la grapa se tensaba introduciendo en la junta unas cuñas metálicas que lo fijaban definitivamente. Como el pináculo está sometido a vibraciones constantes, los esfuerzos provocados por el sismo o el viento se concentran en los puntos de anclaje de la grapa ocasionando roturas de distinta índole: fragmentación

de la masa de piedra cercana al anclaje o fisuración inducida en planos longitudinales y transversales de mayor transcendencia. La ruina de la piedra en la cercanía de la fijación obligaba a otro grapeado posterior, más largo que el anterior, que invariablemente trasladaba la problemática ocasionada por el esfuerzo variable tracción-compresión del anclaje, a la nueva masa movilizada por la reparación, extendiéndose en cascada las fisuras al basamento y al cuerpo del pináculo.

### *Zunchos*

Los movimientos del pináculo en los planos de junta hacen que los esfuerzos se concentren en la corona de la cara de contacto de cada pieza y comienzan a saltar esquirlas de piedra cuando la tensión es muy fuerte, la localización de este esfuerzo es especialmente grave cuando existe una cuña de acero interpuesta en el interior de la junta<sup>26</sup>.

Por otra parte, el movimiento del pináculo está coaccionado por el vástago central que puede producir en algún caso, menos frecuente, la rotura del material pétreo.

Para evitar estas roturas se recurrió con bastante acierto en restauraciones anteriores a comprimir la sección de piedra con un zuncho construido con una pletina de hierro forjado fuertemente apretada mediante un espárrago roscado y una tuerca<sup>27</sup>. A veces se intercalaba entre el zuncho de hierro y la piedra una tira continua de plomo para distribuir mejor los esfuerzos gracias a su maleabilidad. Las soluciones más correctas para el tensado de bloques consisten en dos zunchos colocados a diferentes alturas y barras articuladas tensadas entre ellos.

Los zunchos de este tipo los hemos mantenido después de limpiarlos colocando una tira de neopreno en la banda de contacto con la piedra para distribuir las tensiones de la manera más homogénea posible. Además, viendo el efecto positivo de estos zunchos sobre las secciones de piedra los hemos repetido, con pletina de acero inoxidable, a todos los casos sometidos a tensiones importantes sobre la sección de piedra en planos inmediatos a las juntas basamento-cuerpo del pináculo.

### *Anclajes mixtos*

*Zuncho con clavijas.* Un tipo corriente en esta Catedral es el zuncho provisto de clavijas que penetran en la piedra. La clavija se remacha en la pletina del zuncho y se introduce en un agujero practicado en la piedra. Esta clavija se colocó para que el zuncho no bajara de su posición si se aflojaba el espárrago roscado que lo mantenía en tensión. El efecto a largo plazo es de una capacidad destructiva muy importante porque al tratarse de una clavija pequeña la oxidación es muy rápida desestabilizando la función del propio zuncho y arruinando al mismo tiempo la piedra.

*Grapas tensadas sobre un zuncho.* Para evitar la penetración en ambos extremos de la grapa se coloca un zuncho abrazando el pináculo a una altura media y se atornilla una pletina que se fija al basamento. Los daños en la zona del zuncho son mínimos o nulos pero la parte grapada sobre la piedra se resiente de igual forma que en la grapa normal. Si se trata de un doble zuncho vinculado por barras verticales articuladas el

comportamiento es bastante bueno por el reparto de cargas en toda la sección, salvo concentraciones de esfuerzo muy importantes que movilizan también zonas de piedra y la fisuran. Si los zunchos se atirantan por pletinas articuladas no existe penetración del grapeado (ver fotografías).

## 6.— *Trabajos de restauración*

### *Desmontaje*

Los daños de los pináculos con fracturas múltiples han determinado la necesidad de desmontarlos completamente desde el basamento octogonal hacia arriba, ya que las reparaciones in situ eran complicadas y no era posible garantizar su efectividad. Por otra parte, los problemas de movimiento de la masa del pináculo respecto a la junta, han obligado a replantearla nuevamente tratando de no fijar demasiado el pináculo respecto a la base.

Para desmontarlos se ha retirado en primer lugar la pieza de coronación si presentaba problemas de estabilidad y se han despegado completamente todas las partes fracturadas. Las fracturas eran limpias con nulas arenizaciones y por tanto no se producían nuevos daños al sacarlas. El cuerpo principal del pináculo, del que se han desprendido las partes fracturadas inestables, se fija al andamio mediante una cincha para impedir desplazamientos imprevistos, se limpia completamente la junta y se corta el vástago central de hierro. Una vez hecho esto se coloca el pináculo sobre la plataforma del andamio y se procede a retirar la base que se desmonta fácilmente ya que está compuesta de dos piezas trabadas con una llave<sup>28</sup> o grapa metálica.

El trozo de vástago que queda en el cuerpo del pináculo se extrae por tracción, ayudando con taladros que aumentan la holgura del vástago respecto a la piedra. Después de esta operación el pináculo y el basamento quedan preparados para su restauración. Los vástagos que se van a reutilizar se limpian y se tratan con un pasivador del óxido.

### *Fijación de piezas*

Las diferentes piezas en las que se ha roto el pináculo y el basamento se limpian con cepillo y se unen con una resina de poliéster. Para fijar la unión se perfora la pieza de forma que el taladro atraviesa las partes a unir, se cuela una resina también de poliéster y se introduce un vástago roscado<sup>29</sup> de acero inoxidable de diámetros Ø6 mm. a Ø 12 mm. Estos cosidos múltiples restituyen la apariencia y la función de los diferentes bloques de piedra, cuyas juntas de construcción se respetan para evitar interacciones imprevistas entre los mismos.

Las caras de contacto del pináculo con su basamento, se preparan con una corona de armado a base de un redondo de acero inoxidable de Ø 2 mm. embutido en la superficie de ambas caras para transmitir mejor los esfuerzos que puedan producirse en la articulación.

*Armado del pináculo*

Una vez se ha reconstruido el pedestal se le colocan los mismos vástagos de armado originales, si el estado de conservación es bueno, y en la misma posición que tenían originalmente. El vástago central, si ha sido cortado en la fase de desmontaje, se une de nuevo mediante soldadura múltiple, auxiliada por una funda a base de un tubo de acero inoxidable de Ø75 mm. y longitud 40 cm. y este casquillo se suelda al vástago en los dos extremos. Si el vástago se quiere prolongar se colocan unas varillas de acero inoxidable que se estriban sobre el núcleo de hierro y se resinan junto con aquél.

Para facilitar el movimiento del pináculo, amortiguando al mismo tiempo su acción sobre las caras de contacto se ha decidido la formación de una rótula entre el cuerpo del pináculo y la basa. De esta forma, las coerciones sobre el pináculo desaparecen al eliminar las férulas que pretendían inmovilizarlo destrozando todos los puntos de anclaje. Es decir hemos devuelto a esta pieza ornamental su tendencia a la oscilación que ha roto hasta ahora cualquier fijación que tratara de impedirla. Está claro que una masa de esas proporciones apoyada en un cuello estrecho que proporciona una gran esbeltez visual no es posible fijarla de un modo rígido, sólo cabría como medida de seguridad total retirar el pináculo de la coronación del edificio y esto es impensable porque la fisonomía de la Catedral jiennense cambiaría por completo...

Para facilitar ese movimiento, sin que se amplifique y cause efectos destructivos de otro signo, es necesario colocar un material que amortigüe la oscilación y disipe la energía acumulada en los desplazamientos horizontales. Para esta función hemos utilizado el neopreno, un material derivado del caucho, muy utilizado en ingeniería y construcción en general. Este material reúne las propiedades de flexibilidad, durabilidad y dureza exigibles a un caso como el nuestro. Se ha recortado un disco de Ø 31 cm. (4 cm. menos de diámetro que las caras de apoyo) y espesor de 15 mm. La planeidad de ambas superficies de la junta debe ser perfecta, regularizándola con un mortero de cal, cemento blanco y marmolina. El disco se ensarta en el vástago ya soldado, se hace caer sobre la cara de la junta correspondiente al basamento y después se coloca el cuerpo del pináculo mediante un tráctel dejándolo empernado en el vástago. Es fundamental que el pináculo se apoye completamente en el neopreno, que descansa en él gracias a su elevado peso propio. Hecho esto se rellena la cavidad entre el vástago y el pináculo mediante una resina de poliéster a la que se añade arena de sílice, dado el tamaño del hueco a rellenar. Este mortero se introduce por un bebedero practicado en la parte superior del pináculo. Después de esta operación se deja libre al pináculo. El neopreno queda visto en todo el perímetro del cuello pináculo-basa.

Una alternativa a esta intervención, en pináculos con escasas patologías ha consistido en limpiar la junta del mortero y cuñas existentes, previa sujeción del pináculo. Después se ha introducido un mortero de cal en la junta y se ha colocado alrededor de la misma una pletina de acero inoxidable con una banda de neopreno para impedir la expulsión del mortero. En estos casos no estaba justificada una intervención más profunda y quedará para el futuro como otro patrón de medida del comportamiento de estas grandes piezas ornamentales.

*Zunchado del pináculo*

Los zunchos que se han colocado con anterioridad a nuestra intervención han trabajado correctamente cuando no se han clavado en la masa de piedra o no han sufrido tirones de otros anclajes solapados con

ellos. En estos casos de buen comportamiento los hemos limpiado y mantenido en su lugar y en algunos casos los hemos repetido sistemáticamente. En efecto, en la corona de la basa decorada se ha colocado un zuncho de acero inoxidable tensado sobre una banda de neopreno, de esta forma queda comprimida esa sección que se ha alterado con mucha frecuencia debido a los movimientos del pináculo. A su vez, la pieza cilíndrica del cuerpo del pináculo que toma contacto con la basa a través de la junta de neopreno se ha zunchado por el mismo procedimiento. De esta forma las dos secciones sometidas a tensiones variables han visto aumentar su capacidad mecánica sin alterar su estructura. Al mismo tiempo los bloques de piedra que constituyen el macizo de apoyo de los pináculos se han cosido con varillas de acero inoxidable y se han resinado, para transmitir mejor los esfuerzos a la fábrica inmediata.

No ha sido necesario el tratamiento de la piedra de los pináculos en la mayor parte de los casos, salvo algún fenómeno puntual de arenización que ha sido consolidado con resina acrílica. Tampoco hemos tenido que aplicar pátinas ya que superficialmente los cambios operados en estos elementos ornamentales han sido mínimos y los morteros empleados en los rejuntados se han homogeneizado con el color grisáceo de la piedra lavada por la lluvia.

El registro sistemático servirá para cotejar la idoneidad de los criterios aplicados en esta intervención. Esperamos que los resultados puedan conocerse en un futuro próximo comprobando su efectividad de forma que la experiencia sirva para casos similares. Para evitar problemas que se agudizan por el paso del tiempo hemos propuesto revisar y completar la intervención de emergencia antes de los diez años. Los primeros registros o análisis de la intervención realizada deben practicarse desde la cubierta, a las distancias que permita cada caso y antes del año 1995.

#### *7.— Relación de colaboradores del trabajo*

**EN TODO EL PROYECTO:** ELISA ENTRENA NÚÑEZ. ARQUITECTA TÉCNICA. **RESEÑA HISTÓRICA:** LÁZARO GILA MEDINA, HISTORIADOR DEL ARTE. **ASESORES EN TRABAJOS RELACIONADOS CON EL PLAN DE CATEDRALES DE ANDALUCÍA:** IGNACIO HENARES Y RAFAEL LÓPEZ GUZMÁN, HISTORIADORES DEL ARTE. **GRUPO DE INVESTIGACION SOBRE ALTERACION DE LOS MATERIALES PETREOS HISTORICOS. UNIVERSIDAD DE GRANADA:** EDUARDO SEBASTIÁN PARDO, GEÓLOGO. JOSÉ RODRIGUEZ GORDILLO, QUÍMICO. NICOLÁS VELILLA SÁNCHEZ, GEOLOGO. IGNACIO VALVERDE ESPINOSA, GEÓLOGO. CARMEN NAVARRETE AGUILERA, RESTAURADORA. CARLOS RODRIGUEZ NAVARRO, GEÓLOGO. CARLOS JESÚS GARRIDO MARÍN, GEÓLOGO. MARÍA JOSÉ DE LA TORRE, GEÓLOGA. **COLABORADORES EN DIRECCION DE OBRA:** ELISA ENTRENA NÚÑEZ Y CRISTINA GÁMEZ GORDO, ARQUITECTAS TECNICAS.



## NOTAS

1. Cinco de ellos proceden de la Escuela Taller de Baeza.
2. Estos espacios están actualmente sin uso y bloqueados por grandes muros de defensa que se construyeron durante la guerra civil.
3. Este tipo de obras se contratan en un espacio mínimo de tiempo y requieren como documento previo un informe y una valoración económica.
4. Hay establecidas en la actualidad en Andalucía pequeñas y medias empresas de una gran profesionalidad que en nuestra opinión deberían ser mimadas y alentadas por la Administración Andaluza, ya que este tipo de trabajos se amoldan mucho mejor a las pequeñas estructuras empresariales que pueden desenvolverse bien por sus menores gastos generales en estos trabajos pacíficos, minuciosos y en buena parte artesanales.
5. Los dos dibujos a que hacemos referencia están realizados por la arquitecta técnica D<sup>a</sup>. Elisa Entrena Núñez, colaboradora en la redacción del proyecto y en la dirección de la obra.
6. La simplificación que efectuamos olvida pequeñas diferencias de traza u ornamento que no resultan significativas para nuestro trabajo y sin embargo nos permite dosificar nuestro esfuerzo a los problemas presentes en *todas* las piezas.
7. En este campo tan importante del Patrimonio nuestros proyectos carecen de presupuesto para invertir en la fase de análisis. En nuestro caso cubrimos las carencias actuales gracias a recursos propios y a las líneas de trabajo de los investigadores de la Universidad de Granada. En la obra introducimos en el Pliego de Condiciones la obligación del contratista a destinar a ensayos técnicos un 1% del Presupuesto de Ejecución Material de la obra, lo que supone a veces un problema por lo ajustado de estos presupuestos. En esta tarea la Consejería de Cultura y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y el Instituto Andaluz del Patrimonio tienen un campo de gran interés y utilidad para cualificar científicamente las intervenciones.
8. En cualquier caso el estudio histórico está presente en nuestro proyecto de intervención en la Catedral de Jaén gracias a la colaboración de D. Lázaro Gila Medina profesor de la Universidad de Granada y a la participación en el programa de las dos Catedrales de Granada y Jaén del Catedrático D. Ignacio Henares Cuéllar y del Profesor D. Rafael López Guzmán, ambos también de la Universidad de Granada.
9. Este informe lo realizó el *Grupo de Investigación sobre Alteración de los Materiales Pétreos en Monumentos Históricos* de la Universidad de Granada dirigido por el Profesor Titular. D. Eduardo Sebastián Pardo. Ver composición del equipo en el apartado final del artículo.
10. Este problema se acusa especialmente en los balaustres torneados de los antepechos.
11. En la piedra calcarenita de Granada se produce una situación similar pero estructuralmente diferente debida a la homogeneidad de aquella y la blandura de los materiales cementantes que determinan con el agua un proceso de arenización acelerado.
12. Es un proceso lento y continuo que en sus últimas etapas acelerarse de forma imprevista.
13. En la torre izquierda existen varias inscripciones de gran interés, recogidas por D. Arturo Aragón, empleado de la catedral y comprobadas por nosotros mismos. Las transcribimos a continuación: «1824 se engrapó mes de agosto era el maestro Hermosilla». «Rafael Cámara 5 septiembre 1890». «Ciriaco Cámara 17 agosto 1890». «Jacinto Cámara 29 agosto 1890». «Se colocó esta pieza el 10 de septiembre 1890 sido f<sup>co</sup> D. Luis Aljonilla y D. Fra<sup>co</sup> Muñoz M». Esta última hace referencia a la peana de piedra sobre la que se engarza la espléndida veleta de hierro forjado de esta torre.
14. Si se ceba bien el cajeado con plomo, azufre o con un mortero no degradable y las piezas ancladas no tienen mucho movimiento la durabilidad es mucho mayor. En las escasas ocasiones en las que ocurre es recomendable la permanencia del anclaje.

15. La acción de un sismo se caracteriza en base a tres tipos de ondas que transmiten la energía provocada en un accidente de la estructura de la corteza terrestre con profundidades variables del epicentro. De estas ondas las *secundarias u ondas S* y las *ondas superficiales* son las que producen daños mayores en los edificios por la vibración horizontal y vertical que transmiten al edificio en esfuerzos combinados de gran complejidad.
16. Esta oscilación se puede reproducir fácilmente empujando al pináculo en su parte superior desde la plataforma del andamio: el movimiento se detecta perfectamente a la vista.
17. Generalmente estas estaciones permiten efectuar mediciones commidas en la cimentación y estructura de los eificios y son empleadas con frecuencia en las grandes estructuras ingenieriles (presas, edificios, etc.).
18. Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos.
19. Los datos de este terremoto proceden de BOLT, BRUCE A.- *Terremotos*, Barcelona, 1985. Este libro tiene un apéndice de UDIAS, A. titulado *Terremotos en España*. Este último autor establece como terremotos destructores en España de 1400: Cataluña, 02/02/1428; Carmona (Sevilla), 05/08/1504; Málaga, 09/10/1680; Lisboa, 01/11/1755; Torrevieja (Alicante), 21/03/1829; Granada y Málaga, 25/12/1884. Esta última fecha es muy cercana a la de 1890 consignada profusamente en varias inscripciones de grapeados de la torre izquierda, si bien no hemos investigado aún la correspondencia con aquel movimiento sísmico. Otras obras consultadas: *Terremotos. Evaluación y mitigación de su peligrosidad*. Conferencia sobre el tema celebrada en la sede de la UNESCO en febrero de 1976. Barcelona, 1980. GREEN, NORMAN A.- *Edificación, diseño y construcción sismorresistente*. Barcelona, 1980.
20. Para determinar el movimiento de esta torre y las causas reales de sus problemas se abrirá un trabajo de investigación que durará varios años y será previo a cualquier intervención más avanzada en sus propósitos que la que vamos a acometer en los primeros meses de 1992.
21. La linterna de la cúpula del crucero está comprimida también mediante varios redondos de hierro forjado, tensados por bulones roscados.
22. Los acontecimientos de los últimos años en Italia, con terremotos devastadores como el que se produjo en 1980 en la zona meridional del país, han producido un vuelco significativo de la metodología de conservación del patrimonio arquitectónico. Hoy es posible encontrar muchas referencias al riesgo sísmico en la bibliografía especializada italiana. En Granada se ha presentado en diciembre de 1991 la Carta de Riesgo italiana, en la que el riesgo sísmico es seguramente el punto de referencia más importante.
23. Hay anécdotas curiosas en Jaén a propósito del viento, que abre las puertas de la catedral en medio de la noche, que levanta a las personas o se lleva en volandas a los más variados objetos. Nosotros hemos podido comprobar durante la obra el empuje verdaderamente inusual del viento de la capital jiennense. Muchos huecos de la Catedral tiene una barra de sujección para fijar la carpintería ante el empuje de aquél.
24. Buena parte de los vástagos interiores son tochos de la verja de la Lonja que se han conservado muy bien.
25. Estas lajas también se han colocado en ocasiones a posteriori para acuñar la pieza.
26. Si existen varias cuñas muy próximas el efecto es menor porque el reparto de las presiones es más uniforme. Igual ocurre si sólo existe mortero en toda la junta. es decir si se mantiene sin ser expulsado.
27. El recurso de introducir en un material de tipo pétreo una tensión adicional que aumenta su resistencia se conoce muy bien en la actualidad con las estructuras de hormigón pretensadas y potesadas, utilizadas con frecuencia en la arquitectura y la ingeniería.
28. Estas llaves se han sustituido por otras de acero inoxidable.
29. El roscado del vástago aumenta la adherencia en los embebidos de resina.